基于 IUPCE 的农业循环经济评价及障碍因素分析
——以江西省为例

黄和平；李亚丽；乔学忠

(江西财经大学生态经济研究院　南昌　330013)

摘　要: 为明确江西省 2000—2015 年农业循环经济的发展水平和障碍因素，本研究基于农业生产投入-利用-产出-消费-效应(**IUPCE**)过程，选取 2001-2016 年统计年鉴的 5 类 20 个评价指标数据，运用熵值法确定指标权重计算农业循环经济发展水平；运用因子贡献度、指标偏离度、障碍度 3 个指标对其障碍因素进行诊断。结果表明: (1) 2000—2016 年间江西省农业循环经济的利用指标、产出指标、消费指标和效应指标发展水平在总体上都呈现出上升趋势，且上升幅度产出指标＞效应指标＞消费指标＞利用指标，投入指标呈现下降趋势；(2) 2000—2015 年江西省农业循环经济增长在总体上呈上升趋势，年均增长率为 3.43%，增长较为缓慢；(3) 2000—2008 年影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素有化肥有效利用系数、化肥使用强度、人均耕地、森林覆盖率、农民人均纯收入；2009—2015 年影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素为化肥使用强度、复种指数、有效灌溉系数、农作物播种面积；(4) 2000—2015 年投入指标和利用指标是影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素，且投入指标和利用指标的障碍度值呈逐渐增大趋势，产出指标、消费指标和效应指标的障碍度值在总体上呈减小趋势。

关键词: 农业循环经济；熵值法；因子贡献度；指标偏离度；障碍度

中图分类号: F303.4　　**文献标识码:** A

Evaluation and analysis of barrier factors of agricultural circular economy based on IUPCE: A case study of Jiangxi Province*

HUANG Heping**, LI Yali, QIAO Xuezhong

(Institute of Ecological Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: In order to clarify the level of development and obstacles of agricultural circular economy in Jiangxi Province from 2000 to 2015, this study was based on the process of input-output-consumption-effect (IUPCE) of agricultural production and selected five categories and 20 evaluation index data, using entropy method to determine the weight of indicators to calculate the level of development of agricultural circular economy; and using factor contribution, index deviation, degree of obstruction of the three indicators of its obstacles to diagnosis. The results showed that: (1) The utilization index, output index, consumption index and effect index of agricultural circular economy in Jiangxi Province from 2000 to 2016 year all showed an upward trend, and rising rate of the output index > the effect index> the consumption Indicators>the utilization indicators, investment indicators showed a downward trend; (2) The growth of agricultural circular economy in Jiangxi Province showed an overall upward trend with an average annual growth rate of 3.43%, which was a slower growth ratefrom 2000 to 2016.; (3) The main obstacle factors affecting the development of agricultural circular economy in Jiangxi Province were the effective utilization coefficient of chemical fertilizers, the intensity of fertilizer use, per capita arable land, forest coverage and net income of farmer average per capita from 2000 to 2008. The main obstacle factors affecting the development of agricultural circular economy in Jiangxi Province from 2009 to 2015 are intensity of use, multiple cropping index, effective irrigation coefficient and sown area of crops; (4) Input and utilization indicators were the main obstacle factors affecting the development of agricultural circular economy in Jiangxi Province, and the barrier values of input indicators and utilization indicators has gradually increased in the trend, output indicators, the barrier values of consumer indicators and indicators has gradually decreased in general from 2000 to 2015 .

Keywords: Agricultural Circular Economy; Entropy Method; Factor Contribution Degree; Index Deviation Degree; Barrier Degree

循环经济是改善环境质量，提高资源综合利用率，解决可持续发展问题的最佳途径，也是我国经济、社会、生态协调发展的有效途径。我国目前农业面临着资源高消耗、污染高排放、物质和能量低利用等问题，最终将导致农业资源枯竭和生态环境破坏，这些都需要依靠循环经济来解决[1]。江西省是我国传统农业大省，农业资源丰富，生态优势明显，农业人口占总人口 80%以上。但是目前江西省农业发展存在着农业面源污染严重[2]、土地资源利用率低、对发展循环农业的重要性、必要性认识不足[3]等问题。因此，深入探讨江西省农业循环经济发展评价及障碍因素，有利于明确江西省循环经济发展现状，提高资源利用效率、预防

和控制环境污染有重要意义。

农业循环经济是众多学者一直以来关注的热点领域。不同的循环农业评价指标体系因为其服务的对象及目标不同,其构成也有所不同[4]。综观现有的文献,农业循环经济的评价对象主要集中在宏观层面,包括中国[5]、江苏[6-7]、河北[8-10]、黑龙江[11-12]、河南[13-15]、湖北[16-17]、广东[18]、宁夏[19]、湖南[20-21]、吉林[22-23]、四川[24]、流域[25]等；还有一部分在微观层面上针对循环农业发展模式进行研究[26-28]。 农业循环经济发展评价指标体系构建可分为 2 类：一类是宏观层面针对国家、省域及流域农业循环经济综合评价。主要基于”3R”原则构建经济与社会发展、资源减量投入、资源循环利用和资源环境安全对农业循环经济发展的社会、经济和生态效益进行评价,运用的主要研究方法有投影寻踪分类模型[5]、层次分析法[6-8]、密切值法[9]、灰色关联度法[10]、主成分分析法[15]、能值法[22],一部分基于投入—产出视角运用 DEA 方法对农业循环经济发展的效率进行评价[11-12,14,18-19,21]；另一类是微观层面对循环产业、农业发展模式的生态、经济效益进行评估。常用的研究方法有生命周期法[29]、能值法[30-31]、系统动力学模型[32]等。对影响农业循环经济发展的因素研究可分为两类：一类是基于宏观层面对影响农业循环经济的内部因素进行分析，常用“因子贡献度”、“指标偏离度”、“障碍度”[6-7,16-17]3 个指标来诊断农业循环经济发展的主要障碍因素；一类是基于微观调研数据对影响农业循环经济的外部因素进行分析，多采用结构方程模型对影响因素进行分析[33-34]。

综上所述,现有研究从不同角度、不同方法对农业循环经济发展评价及障碍因素进行分析，为本文进一步分析奠定了理论基础。但是现有的研究主要基于“3R”原则构建经济与社会发展、资源减量投入、资源循环利用和资源环境安全指标，忽略了农村居民消费对农业循环经济的影响，对江西省农业循环经济发展水平研究的文献也较少。因此，本研究借鉴前人研究的基础上加入农村居民消费指标,根据农业生产的投入—利用—产出—消费—效应过程，以 2000—2015 年为样本区间，构建投入、利用、产出、消费、效应指标，对江西省农业循环经济发展状况进行评价，并对阻碍农业循环经济发展的内部因素做实证分析。

1 研究方法

1.1 评价的基本内容

农业循环经济是在农业生产过程和农产品生命周期中减少资源、物质的投入量、增加物质的循环再生利用和能量的多级使用，减少废弃物的产生排放量,实现农业经济、生态环境和社会效益的”多赢”和统一的一种经济发展模式[35]。本研究基于农业循环经济内涵，构建投入—利用—产出—消费—效应(IUPCE)概念模型(图 1)，来评价农业循环经济的发展。不同于农业一般的投入—产出过程,循环农业首先经过物质和资源的投入,通过物质的再循环和反复利用，产生经济社会效益，促进农村居民消费,进而对外部的资源和环境产生影响。图中实线表示循环农业作用过程,虚线表示影响过程，其中投入、利用、产出环节在生产过程中也会对效应环节产生影响，消费环节对投入、利用、产出、效应环节产生影响。

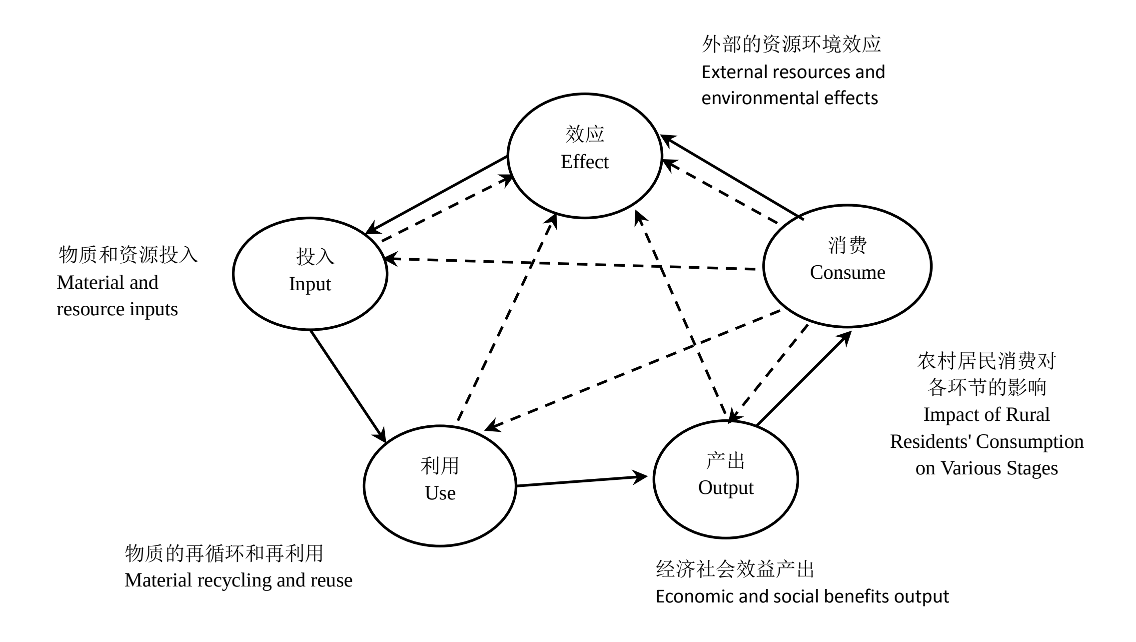


图 1　农业生产的投入—利用—产出—消费—效应(IUPCE)概念模型

Fig. 1　Input -use-output - consume - effect (IUPCE) conceptual model of agricultural production

本研究主要从两方面来评价农业循环经济发展水平：(1)在农业现状分析的基础上，选取反映该地区农业发展实际情况的评价指标，运用熵值法确定指标权重，构建综合评价指标体系，对江西省的农业循环经济整体情况进行综合评价；(2)通过因子贡献度、指标偏离度和障碍度 3 个指标对农业循环经济发展障碍因素进行诊断，找出制约江西省发展农业循环经济的主要因素，为促进区域农业循环经济发展提供一定的信息(图 2)。

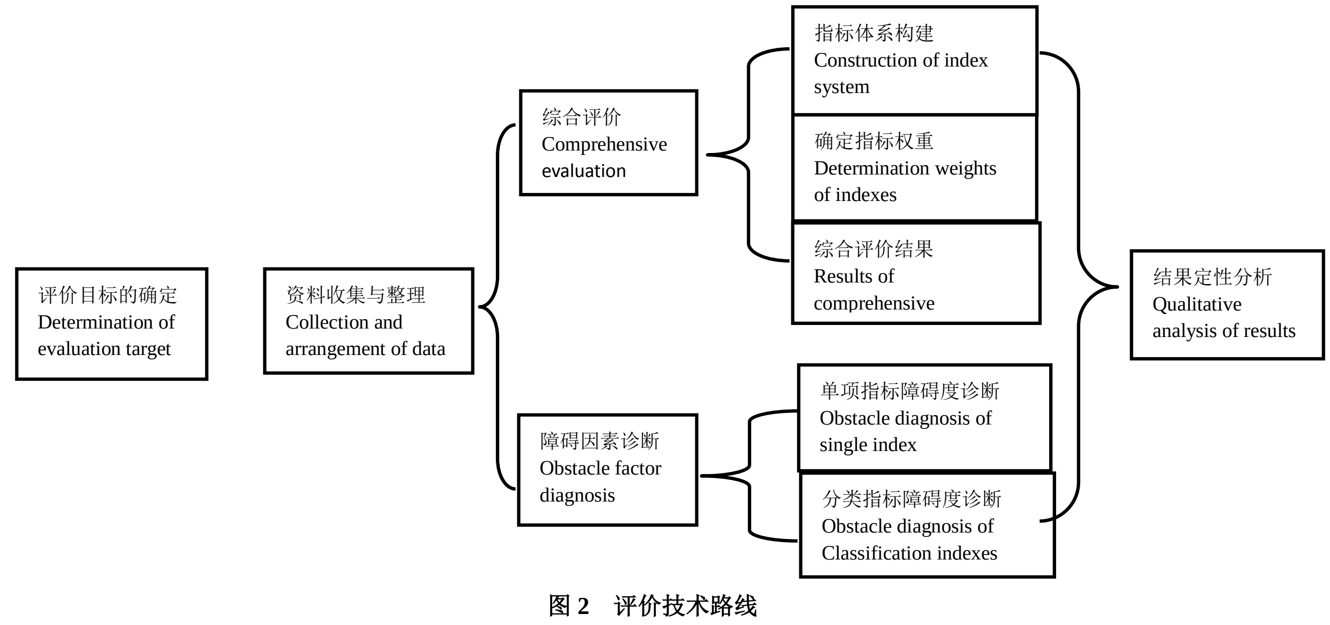


图 2　评价技术路线

Fig. 2　Route for evaluation

1.2　评价指标选取

基于对农业循环经济内涵和目标的理解，以"减量化、再利用、再循环"为行动原则，主要从农业生产的过程兼顾社会、经济和生态效益，结合相关专家意见和对生产过程的理解，对众多因子进行筛选比较，从而确定了 20 个参评因子构建农业循环经济发展综合评价指标体系,并采用熵值法客观确定各分类指标及单项指标的权重(表 1)。

该指标体系主要从 5 个方面构建：(1)投入环节，选取农机总动力、农业劳动力、农作物播种面积、化

肥使用强度和沼气池个数，其中前 4 个指标反映农业生产过程中的物质投入，沼气池个数则反映该地区循环经济意识和投入情况；(2)利用环节，选取化肥的有效利用系数来反映农业生产过程中对于资源的利用程度,而复种指数、废弃物资源化水平和秸秆综合利用率则分别体现资源的循环利用水平和将废弃物进一步资源化水平；(3)产出环节,选取单位面积农业 GDP 产值、农民人均纯收入、农林牧渔商品率、耕地产出率指标来反映农业生产过程中所实现的社会经济效益; (4)消费环节,选取农民人均蔬菜消费量、农民绿色出行支出、农民家庭住房面积来反映农业发展对农民生活水平的影响和农民对循环经济的实践程度，农民家庭住房面积和整个江西省家庭平均住房面积作比较,得出农民家庭面积要大于平均家庭住房面积，农民则为奢侈消费，为负指标；(5)效应环节,选取森林覆盖率、有效灌溉系数、水土流失综合治理系数、人均耕地来反映农业发展对生态环境和资源安全的影响。其中投入与利用环节所选指标主要体现了循环经济中所遵循的“3R”原则，产出及效应环节则着重评价农业循环经济所实现的社会、经济和生态效益，而消费环节则体现了农民对循环经济的利用程度和循环经济对农民生活的影响，这是发展农业循环经济的最终目的。

表 1　江西省农业循环经济发展评价指标

Table 1　Evaluation index of agricultural circular economy in Jiangxi Province

分类指标 Classification index	单项指标 Single indicator	指标性质 The nature of the indicator	权重 Weights
B_1 投入指标 Input indicators (0.2381)	C_1 农机总动力(千瓦) Agricultural machinery total power (kW)	负 Negative	0.0240
	C_2 农业劳动力(万人) Agricultural labor force (million)	负 Negative	0.0379
	C_3 农作物播种面积(千公顷) Sown area of crops (thousand hectares)	负 Negative	0.0358
	C_4 化肥使用强度(kg/公顷) Fertilizer use intensity (kg / ha)	负 Negative	0.1111
	C_5 沼气池个数(个) Digester number (a)	正 Positive	0.0291
B_2 利用指标 Utilization indicators (0.2381)	C_6 化肥有效利用系数(元/吨) Fertilizer effective utilization factor (yuan / ton)	正 Positive	0.0637
	C_7 复种指数(%) Multiple cropping index (%)	正 Positive	0.1003
	C_8 废弃物资源化水平(个/百人) Waste resource level (one / hundred people)	正 Positive	0.0329
	C_9 秸秆综合利用率(%) Comprehensive utilization of straw (%)	正 Positive	0.0412
B_3 产出指标 Output indicators (0.1878)	C_{10} 单位面积农业 GDP(元/公顷) Unit area of agricultural GDP (yuan / ha)	正 Positive	0.0525
	C_{11} 农民人均纯收入(元) Per capita net income of farmers (yuan)	正 Positive	0.0675
	C_{12} 农林牧渔商品率(元/吨) The primary industry commodity rate (yuan / ton)	正 Positive	0.0234
	C_{13} 耕地产出率(元/公顷) Cultivated land yield (yuan / ha)	正 Positive	0.0445
B_4 消费指标 Consumption indicators (0.1304)	C_{14} 农民人均蔬菜消费量(千克) Peasants per capita consumption of vegetables (kg)	正 Positive	0.0247
	C_{15} 农民绿色出行支出(元) Peasants green travel expenses (yuan)	正 Positive	0.0588
	C_{16} 农民人均住房面积(平方米/人) Peasant per capita housing area (square meters / person)	负 Negative	0.0469
B_5 效应指标 Effect indicators (0.2056)	C_{17} 森林覆盖率(%) Forest cover rate(%)	正 Positive	0.0619
	C_{18} 有效灌溉系数(%) Effective irrigation coefficient (%)	正 Positive	0.0542
	C_{19} 水土流失综合治理系数(%) Soil erosion control coefficient (%)	正 Positive	0.0199
	C_{20} 人均耕地(hm^2/人) Per capita arable land (hm^2 / person)	正 Positive	0.0695

注：正作用指标指该类指标值越大,所反映的循环状况越好,负作用指标相反。

Note: The positive indicators refer to the index value of the larger, reflecting the better the cycle status, negative effect indicators of the opposite.

1.3　农业循环经济发展水平评价方法与数据处理

熵值法是根据各评价指标数值的变异程度所反映的信息量大小来确定熵值,熵值实际反映了一个指标

的变化程度，熵值越小，表明该指标在实际的应用中发挥的作用越大,权重应该越大;反之,某项指标的指标值变异程度越小，信息熵越大,该指标的作用越小,权重也较小。使用熵值法进行综合评价步骤[17]如下:

(1) 确定评价对象，选取评价指标，建立评价矩阵。

假设要评定某省 m 个样本，评价指标体系包括 n 个指标,则第 i 个评价样本的第 j 个指标记为 X_{ij}。构建原始数据矩阵 $X=\{Xij\}m*n$，其中 X_{ij} 表示第 i 个样本的第 j 个指标值。本文中 $m=16, n=20$。

(2) 原始数据标准化处理本文通过极差法对各指标进行标准化处理。不同的指标，其标准化计算公式也不同。

当评价指标为正向指标时:

$$P_{ijt}=(X_{ijt}-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min}) \tag{1}$$

当评价指标为逆向指标时:

$$P_{ijt}=(X_{\max}-X_{ijt})/(X_{\max}-X_{\min}) \tag{2}$$

其中: X_{ijt} 为某项评价指标的实际观测值; X_{max}、X_{min} 为截面数据内该项指标的最大值与最小值; P_{ijt} 为标准化后该项指标的实际评价值。

(3) 熵值和信息效用值的计算各参评指标的熵值可以利用以下公式计算:

$$e_{ij}=-K\sum_{i=1}^{m}P_{ijt}\ln P_{ijt} \tag{3}$$

令 $K=1/lnm$，则 $0\le e_j\le 1$。

根据熵值法原理，指标数据变化速度越快,则该指标所提供的信息量越大，该指标的变化对于系统的效用越大，即该指标权重也就越大。

某个指标的信息效用价值用 d_{ij} 表示,则第 i 类分类指标下第 j 单项指标 X_{ij} 的效用值可按下面公式计算:

$$d_{ij}=1-e_{ij} \tag{4}$$

(4) 确定评价指标权重

计算第 i 类分类指标下第 j 单项指标的权重为:

$$w_{ij}=d_{ij}\Big/\sum_{j=1}^{n}d_{ij} \tag{5}$$

(5) 分类指标评价分值计算

根据计算出的指标权重，得出评价值为:

$$S_{it}=\sum_{j=1}^{r}w_{ij}P_{ijt} \tag{6}$$

式中: S_{it} 为 t 年第 i 项分类指标层综合评价指数, i=1, 2, 3, 4, 5 时分别为投入、利用、产出、消费和效应指数。r 为各子系统包含的指数数目。

(6) 分类指标权重计算

对于多层结构的评价系统，根据熵的可加性，可以利用下层结构的信息效用值，按比例确定对应于上层结构的权重 w_j 数值。在熵权法前面步骤中，已经计算了各个指标的效用值 d_{ij}，对下层结构的每类指标的效用值求和，得到各类指标的效用值和，记作 D_i（i= 1，2，... ）。进而得到全部指标效用值的总和:

$$D=\sum_{i=1}^{5}D_i \tag{7}$$

则相应分类指标权重为: $w_i = D_i / D$ (8)

(7)农业循环经济发展评价分值计算

$$S_t = \sum_{i=1}^{5} w_i S_{it} \tag{9}$$

式中: S_t 为 t 年总评价值, S_t 的取值范围在 0 到 1 之间, S_t 越大说明农业循环经济发展水平越高。

1.4 农业循环经济发展障碍因素诊断方法

采用"因子贡献度(Factor contribution degree)"、"指标偏离度(Index deviation degree)"和"障碍度(Obstacle degree)"3 个指标来诊断农业循环经济发展的主要障碍因素。其中,因子贡献度(F_{ij})为单因素对总目标的影响程度, 即单因素对总目标的权重; 指标偏离度(I_{ijt})表示单项指标与农业循环经济发展指标之间的差距,为单项指标标准化值与 100%之差; 障碍度(O_{ijt})表示单项指标对农业循环经济发展水平的影响值, 该指标是农业循环经济发展障碍诊断的目的和结果。具体计算公式如下:

$$F_{ij} = w_i \times w_{ij} \tag{10}$$

式中: w_i 为第 i 项分类指标的权重;w_j 为第 i 项分类指标所属的第 j 个单项指标所对应的权重。

$$I_{ijt} = 1 - P_{ijt} \tag{11}$$

式中: P_{ijt} 为单项指标的标准化值, 由极值标准化法计算而得。

$$O_{ijt} = I_{ijt} \times \frac{F_{ij}}{\sum_{j=1}^{20} (F_{ij} \times I_{ijt})} \times 100\% \tag{12}$$

式中: O_{ijt} 为第 t 年第 i 个分类指标下第 j 个单项指标的障碍度。

$$U_{it} = \sum O_{ijt} \tag{13}$$

式中: U_{it} 为第 t 年第 i 个分类指标的障碍度

2 结果与分析

2.1 数据来源

数据来源于 2001-2016 年的《江西省统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》。其中, 废弃物资源化水平指标在各种统计年鉴中找不到直接来源, 根据《中国农村统计年鉴》中查找出农村沼气产生量,按照农村一个 $10m^3$ 的沼气池一年可产生 400 m^3 沼气量,据此计算出农村沼气池个数。

2.2 江西省农业循环经济发展水平评价

2.2.1 分类发展水平评价

根据公式(1)-(6), 计算出各分类指标的评价分值, 据此绘制图 3。2000—2016 年间江西省农业循环经济的利用指标、产出指标、消费指标和效应指标发展水平在总体上都呈现出上升趋势。其中产出指标水平上升幅度最大, 呈现出稳定上升趋势,反映了江西省经济与社会发展在快速前进; 效应指标水平上升幅度位居第 2, 在波动中上升, 且都高于 2000 年水平, 反映江西省资源与环境安全在不断改善; 消费指标水平上升幅度位居第 3, 在总体上呈现出稳定上升趋势, 反映了农村居民生活质量正在不断改善; 利用指标上升幅度最小, 呈先上升后大幅度下降再上升趋势, 在 2008 年利用指标达到最低, 可能与当年发生雪灾, 土地利用率低下有关。投入指标呈现下降趋势, 且都低于 2000 年水平, 反映江西省在资源减量投入方面重视程度不够, 资源减量投入指标是制约江西省农业循环经济发展的主要因素。

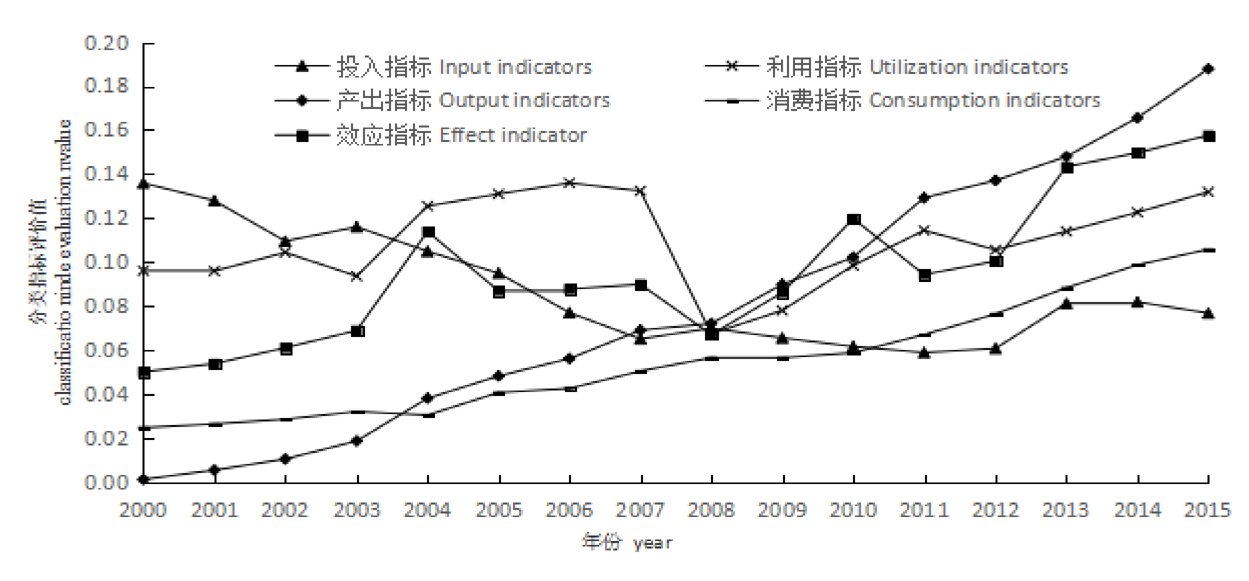


图 3　各分类指标的发展趋势图

Fig. 3　the development trend of the various indicators

2.2.2　综合发展水平评价

根据公式(1)—(7)，计算出江西省 2000—2015 农业循环经济的综合评价值，据此绘制图 4。由图 4 可知，2000—2015 年江西省农业循环经济总体上呈增长趋势，年均增长率为 3.43%，增长较为缓慢，,但是发展过程中有很明显的阶段性特征。根据江西省农业循环经济发展过程中的变化趋势可以分为两个阶段：第 1 阶段是 2000—2008 年，2008 年的农业循环经济发展水平与 2000 年相近，这一阶段的江西省农业循环经济发展变化并不明显；第 2 阶段是 2008—2015 年为持续增长阶段，年均增长率为 8.05%，呈现中高速增长趋势。

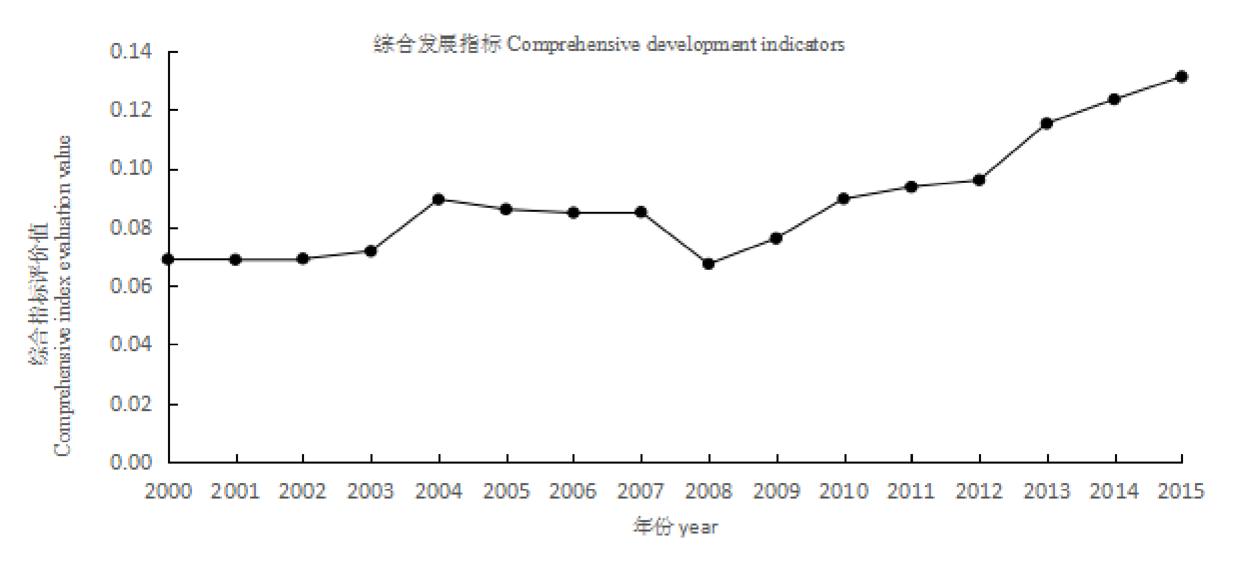


图 4　江西省 2000-2015 年农业循环经济综合发展趋势图

Fig. 4　Comprehensive development trends of agriculturalrecycling economy from 2000 to 2015 in Jiangxi Province

2.3　农业循环经济障碍因素评价

2.3.1　单项指标的障碍因素评价

根据公式(10)—(12)计算出江西省 2000—2015 年各单项指标的障碍度，并按障碍度的大小进行排序，

列出障碍度大于 5%的指标，如表 2。从表 2 可以看出,江西省农业循环经济的障碍因素总体上在发生变化。按照障碍因素出现的次数可以分为两个阶段：第一阶段为 2000-2008，障碍因素出现次数最多的是农业劳动力(C_2)、化肥使用强度(C_4)、化肥有效利用系数(C_6)、秸秆综合利用率(C_9)、单位面积农业 GDP 产值(C_{10})、农民人均纯收入(C_{11})、耕地产出率(C_{13})、农民绿色出行支出(C_{15})、森林覆盖率(C_{17})、人均耕地(C_{20})；第二阶段障碍因素出现次数最多的是农作物播种面积(C_3)、化肥使用强度(C_4)、复种指数(C_7)、有效灌溉系数(C_{18})。从障碍度大小上也可以分为两个阶段：第一阶段 2000—2008 年，阻碍江西省农业循环经济发展的主要因素有化肥有效利用系数(C_6)、化肥使用强度(C_4)、人均耕地(C_{20})、森林覆盖率(C_{17})、农民人均纯收入(C_{11})；第二阶段 2009—2015 年，阻碍江西省农业循环经济发展的主要障碍因素为化肥使用强度(C_4)、复种指数(C_7)、有效灌溉系数(C_6)、农作物播种面积(C_3)。化肥使用强度在 2000—2015 年始终是阻碍农业循环经济发展的主要因素，化肥有效利用系数(C_6)、人均耕地(C_{20})、森林覆盖率(C_{17})、农民人均纯收入(C_{11})在 2008 年以后不再是阻碍农业循环经济发展的主要因素；而复种指数(C_7)、有效灌溉系数(C_6)、农作物播种面积(C_3)在 2009 年以后是阻碍农业循环经济发展的主要因素。从表 2 可以看出，2000—2008 年影响江西省农业循环经济发展的障碍因素多且障碍度偏低；2009—2015 影响江西省农业循环经济发展的障碍因素少且障碍度偏高。_

表 2　江西省农业循环经济发展的主要障碍因素排序

Table 2　Order of the Main Barriers to the development of agricultural recycling economy in Jiangxi Province

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
因素	C_{6}	C_{6}	C_{6}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}	C_{4}
度(%)	10.91	10.82	10.86	12.51	14.02	14.90	18.88	21.49	16.76	18.78	20.62	22.78	23.50	28.52	31.23	34.45
因素	C_{20}	C_{20}	C_{10}	C_{6}	C_{20}	C_{20}	C_{6}	C_{20}	C_{7}	C_{7}	C_{7}	C_{7}	C_{7}	C_{7}	C_{7}	C_{7}
度(%)	9.54	9.44	6.95	10.70	11.60	11.09	10.31	10.53	14.87	15.46	16.44	16.74	21.33	25.54	27.79	30.52
因素	C_{17}	C_{17}	C_{17}	C_{20}	C_{6}	C_{6}	C_{20}	C_{6}	C_{18}	C_{18}	C_{18}	C_{18}	C_{18}	C_{18}	C_{18}	C_{18}
度(%)	9.16	9.15	9.18	9.93	11.19	10.94	10.77	10.31	6.97	7.45	8.15	8.25	9.96	10.80	11.77	12.50
因素	C_{11}	C_{11}	C_{11}	C_{17}	C_{11}	C_{11}	C_{11}	C_{11}	C_{17}	C_{6}	C_{6}	C_{3}	C_{3}	C3	C_{3}	C_{3}
度(%)	9.12	9.02	8.94	9.35	9.75	9.28	8.69	8.13	7.71	7.39	7.27	5.59	6.16	7.83	8.86	9.89
因素	C_{9}	C_{10}	C_{4}	C_{11}	C_{10}	C_{17}	C_{17}	C_{17}	C_{11}	C_{11}	C_{11}	C_{17}	C_{17}			
度(%)	7.06	7.08	7.79	8.98	6.94	7.77	7.70	7.71	6.74	6.56	6.49	5.48	5.59			
因素	C_{10}	C_{9}	C_{10}	C_{10}	C_{9}	C_{10}	C_{10}	C_{10}	C_{6}		C_{20}	C_{11}	C_{1}			
度(%)	6.94	6.69	6.95	6.73	6.60	6.63	6.21	5.53	7.21		5.36	5.40	5.10			
因素	C_{2}	C_{2}	C_{2}	C_{9}	C_{15}	C_{9}	C_{9}	C_{9}			C_{3}	C_{20}				
度(%)	6.37	5.96	6.51	6.11	5.83	5.88	5.42				5.59	5.08				
因素	C_{3}	C_{13}	C_{9}	C_{13}	C_{2}	C_{15}	C_{2}									
度(%)	6.14	5.89	6.35	5.90	5.25	5.20	5.04									
因素	C_{13}	C_{15}	C_{13}	C_{15}		C_{2}										
度(%)	6.02	5.39	5.88	5.24		5.04										
因素	C_{8}	C_{8}	C_{15}													
度(%)	5.63	5.23	5.31													

2.3.2 分类指标的障碍因素评价

为了更深入诊断 2000—2015 年江西省农业循环经济发展的障碍因素主要集中在哪些方面和变化趋势，本研究在单项指标障碍度计算的基础上根据公式(13)计算了分类指标障碍度，并按障碍度的大小进行排序，列出障碍度大于 20%的指标，如表 3 所示。从表 3 可以看出，在 2000—2008 年障碍度大于 20%的分类指标一般为 3—4 个，障碍度值比较小；在 2009—2015 年障碍度大于 20%的分类指标一般为 2 个，障碍度值比较大。投入指标(B_1)和利用指标(B_2)在 2000—2015 年一般都是影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素，且投入指标和利用指标的障碍度值呈逐渐增大趋势；利用指标(B_3)和效应指标(B_5)在 2000—2006 年也是阻

碍农业循环经济发展的主要因素，在 2007 年以后不再是主要的影响因素。

表 3 江西省农业循环经济发展各分类指标的障碍度

Table 3 Obstacle degree of classified indexes to the development of agricultural recycling economy in Jiangxi Province

年份	障碍因素	障碍度(%)	障碍因素	障碍度(%)	障碍因素	障碍度(%)	障碍因素	障碍度(%)
2000	B_5	23.01	B_3	25.23	B_2	24.34		
2001	B_3	24.64	B_2	24.33	B_5	22.44		
2002	B_2	22.95	B_3	24.01	B_1	22.05	B_5	21.42
2003	B_2	25.26	B_3	23.34	B_1	21.34	B_5	20.64
2004	B_1	26.74	B_3	23.73	B_2	22.62		
2005	B_1	27.94	B_3	21.51	B_2	20.93	B_5	20.02
2006	B_1	31.14	B_3	20.10				
2007	B_1	33.50	B_2	20.49				
2008	B_2	28.91	B_1	28.48	B_5	20.27		
2009	B_1	31.16	B_2	28.92				
2010	B_1	35.50	B_2	28.10				
2011	B_1	37.33	B_2	25.78	B_5	20.02		
2012	B_1	37.70	B_2	28.20				
2013	B_1	40.28	B_2	31.90				
2014	B_1	44.01	B_2	32.55				
2015	B_1	50.00	B_2	32.94				

3 结论与讨论

本研究首先基于循环农业生产过程，构建投入指标、利用指标、产出指标、消费指标和效应指标评价体系，运用熵值法确定指标的权重，然后综合加权计算 2000—2015 年江西省农业循环经济综合发展和各个环节的发展评价值；并采用“因子贡献度(Factor contribution degree)”、“指标偏离度(Index deviation degree)”和“障碍度(Obstacle degree)”3 个指标来诊断农业循环经济发展的主要障碍因素。主要得出以下结论:

(1) 2000—2016 年间江西省农业循环经济的利用指标、产出指标、消费指标和效应指标发展水平在总体上都呈现出上升趋势，且上升幅度产出指标＞效应指标＞消费指标＞利用指标，投入指标呈现下降趋势。

(2) 2000—2015 年江西省农业循环经济增长在总体上呈上升趋势，年均增长率为 3.43%，增长较为缓慢。

(3) 2000—2008 年影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素有化肥有效利用系数、化肥使用强度、人均耕地、森林覆盖率、农民人均纯收入; 2009—2015 年影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素为化肥使用强度、复种指数、有效灌溉系数、农作物播种面积。

(4) 2000—2015 年投入指标和利用指标是影响江西省农业循环经济发展的主要障碍因素，且投入指标和利用指标的障碍度值呈逐渐增大趋势，产出指标、消费指标和效应指标的障碍度值在总体上呈减小趋势。投入指标的障碍度由 2000 年的 17.50%增长到 2015 年的 50.00%，利用指标的障碍度由 2000 年的 24.34%增长到 2015 年的 32.94%，产出指标由 2000 年的 25.23%降低到 2015 年的 0.00%，消费指标由 2000 年的 9.92%降低到 2015 年的 4.19%，效应指标的障碍度值由 2000 年的 23.01%降低到 2015 年的 12.87%。

本文从循环农业的投入—利用—产出—消费—效应环节，构建了投入、利用、产出、消费和效应指标，评价江西省农业循环经济的发展水平和诊断主要的障碍因素,取得了一定的研究成果，但也存在着以下不足：第一，指标选择上的不足。本研究投入、利用、产出、效应环节中的指标选取大多基于现有的研究筛

选而来，消费指标根据可操作性原则，基于循环农业的内涵和专家的意见选取了农民人均蔬菜消费量、农民绿色出行支出和农民人均住房面积。农民绿色出行支出数据是 2016 年暑期通过对南昌市周边的 20 个村进行了 1000 份问卷调查获得，发现 99.9%的农村居民出行都是依靠电动车、公交等低碳出行方式，偶尔会使用私家车出行，可以把私家车出行费用忽略不计，考虑到 2016 年之前经济水平不发达，农村居民更多选择低碳出行方式，结合统计年鉴中的交通费，得到农民绿色出行支出指标的数据，因此获取的数据存在一定的偏差；第二，本文仅对省级层面上进行了计算和分析，没有对各个市乃至县的空间情况进行分析，全面搜集资料，对各个市乃至县的空间变化情况做比较分析是下一步努力的方向。

参考文献 References

[1] 方杰，曹邦英，卿锦威. 基于农业循环经济的社会主义新农村生态环境建设探讨[J]. 生态经济, 2009, (02): 77-79+87.
FANG J, CAO B Y, QING J W. The Discussion about Zoology Environment Construction of a New Socialist Countryside Based on Agriculture Cycle Economy [J]. Ecological Economy, 2009, (02): 77-79+87.

[2] 朱圆圆. 生态文明视角下江西省农业发展问题及对策研究[J]. 中国农业信息, 2016(22): 22-23.
ZHU Y Y. Study on Problems and Countermeasures of Agricultural Development in Jiangxi Province from the Perspective of Ecological Civilization [J]. Chinese Journal of Agricultural Information, 2016, (22): 22-23.

[3] 王萍，李瑶，夏文建，陈先茂，罗奇祥. 江西省循环农业发展现状及建议[J]. 现代农业科技, 2017, (2): 258-261.
WANG P, LI Y, XIA W J, CHEN X M, LUO Q X. Review and Current Situation of Recycling Agriculture in Jiangxi Province [J] . Modification of Agricultural Science and Technology, 2017, (2): 258-261.

[4] 韩玉，龙攀，陈源泉，隋鹏，顾时贵. 中国循环农业评价体系研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(9): 1039-1048.
HAN Y, LONG P, CHEN Y Q, SUI P, GU S G. Research progress of evaluation system for China circular agriculture development [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(9): 1039-1048.

[5] 单忠纪，翟绪军，黄平平. 基于 PPC 模型的我国农业循环经济综合评价[J]. 农业技术经济, 2014, (2): 114-119.
SHAN Z J, ZHAI X J, HUANG P P. Comprehensive Evaluation of Agricultural Circular Economy in China Based on PP Mode [J]. Journal of Agricultural Technical Economics, 2014, (2): 114-119.

[6] 马其芳，黄贤金，彭补拙，翟文侠，刘林旺. 区域农业循环经济发展评价及其实证研究[J]. 自然资源学报，2005，20(6): 891-899.
MA Q F, HUANG X J, PENG B Z, ZHAI W X, LIU L W. A Positive Study of the Evaluation on the Development of Regional Agricultural Recycling Economy [J]. Journal of Natural Resources, 2005, 20(6): 891-899.

[7] 马其芳，黄贤金，张丽君，陈逸. 区域农业循环经济发展评价及其障碍度诊断—以江苏省 13 个市为例[J]. 南京农业大学学报, 2006, 29(2): 108-114.
MA Q F, HUANG X J, CHEN Y. Evaluation and diagnosis of trouble on the development of regional agricultural recycling economy—A case study of 13 cities in Jiangsu Province [J]. Journal of Nangjing Agricultural University, 2006, 29(2): 108-114.

[8] 贾士靖，刘银仓，王慧军. 基于指标体系的河北省农业循环经济发展评价[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1230-1233.
JIA S J, LIU Y C, WANG H J. Evaluation of the development of agricultural recycling economy in Hebei Province using integrated index system [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(6): 1230-1233.

[9] 刘晓敏，李志宏，范凤翠，王晓利. 基于密切值法的河北省市域农业循环经济综合评价[J]. 中国农通学报，2012，28(11):145-149.
LIU X M, LI Z H, FAN F C, WANG X L. Comprehensive Evaluation of Agro-recycling Economy of City Field in Hebei Province Based on the Osculation Value Method [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(11): 145-149.

[10] 李小健. 新世纪河北省市域农业循环经济建设综合评价及对策[j]. 农业现代化研究, 2013, 34(3): 367-371.
LI X J. Comprehensive Evaluation and Development Strategies of Agro-recycling Economy of City Field in Hebei Province in the New Century [J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(3): 367-371.

[11] 李浩，杨辉. 农业循环经济效率评价问题研究—基于黑龙江省 2005—2012 年农业经济发展数据的解析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016, (04): 29-32.
LI H, YANG H. Study on the Evaluation of Agricultural Circular Economy Efficiency - Based on the Analysis of Agricultural Economic Development in Heilongjiang Province from 2005 to 2012 [J]. Thesis animal husbandry and veterinary medicine in Heilongjiang Province, 2016, (04): 29-32.

[12] 于晓秋，任晓雪，野金花，田宏. 基于数据包络分析的农业循环经济评价—以黑龙江省各地区为例[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(6): 35-41.

YU X Q, REN X X, YE J H, TIAN H. Evaluation of Agricultural Circular Economy Based on Data Envelopment Analysis Province as the Area of Heilongjiang Province as an Example [J]. Mathematics in Practice And Theory, 2017, 47(6): 35-41.
[13] 周晓瑞. 基于可持续发展视角的农业循环经济研究—以河南为例[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(6): 174-177.
ZHOU X R. Research on rural circular economy based on the perspective of sustainable development—A case study of Henan [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(6): 174-177.
[14] 徐峥, 陈书章, 朱瑛洁, 王艳青, 马恒运. 基于DEA的河南省农业循环经济效率评价[J]. 河南农业大学学报, 2011, 45(4): 482-492.
XU Z, CHEN S Z, ZHU Y J, WANG Y Q, MA H Y. Evaluation on the efficiency of agricultural circular economy in Henan Province based on DEA [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2011, 45(4): 482-492.
[15] 韩俊龙, 韩坷, 梁保松. 基于主成分分析的河南省农业循环经济发展评价研究[J]. 河南农业大学学报, 2013, 47(6): 757-761.
HAN J L, HAN K, LIANG B S. Study on the evaluation of the development of agricultural circular economy of Henan Province based on the principle component analysis [J]. Journal of Henan Agricultural University, 2013, 47(6): 757-761.
[16] 毛晓丹, 冯中朝. 湖北省农业循环经济发展水平评价及障碍因素诊断[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(5): 597-601.
MAO X D, FENG Z Z. Development Level Evaluation and Diagnosis of Obstacle Factors on Development of Agricultural Recycling Economy in Hubei Province [J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(5): 597-601.
[17] 马伦姣. 湖北省农业循环经济发展综合评价及因子贡献分析[J]. 农业技术经济, 2013, (05): 105-112.
MA L J. Comprehensive Evaluation of Agricultural Circular Economy in Hubei Province and Factor Contribution Analysis [J]. Journal of Agricultural Technical Economics, 2013, (05): 105-112.
[18] 秦钟, 王建武, 章家恩, 骆世明, 徐华勤, 赵本良. 广东省农业循环经济发展的DEA分析与有效性评价[J]. 自然资源学报, 2010, 25(6): 904-913.
QIN Z, WANG J W, ZHANG J E, LUO S M, XU H Q, ZHAO B L. Data Envelopment Analysis and Efficiency Evaluation on Development of Agricultural Circular Econcxny in Guangdong [J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(6): 904-913.
[19] 李媛, 谢应忠. 基于数据包络分析的宁夏农业循环经济相对效率评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2012, 37(11): 78-83.
LI Y, XIE Y Z. Relative Efficiency Evaluation on Development of Agricultural Circular Economy in Ningxia Based on the Data Envelopment Analysis [J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2012, 37(11): 78-83.
[20] 杜红梅, 傅知凡. 湖南农业循环经济发展评价体系及实证分析[J]. 经济地理, 2016, 36(6): 168-175.
DU H M, FU Z F. Evaluation System Building and Empirical Analysis of Hunan Agricultural Circular Economy [J]. Economic Geography, 2016, 36(6): 168-175.
[21] 李杨, 樊雯雯. 湖南省农业循环经济发展有效性评价与调控措施[J]. 经济地理, 2017, 37(4): 182-189.
LI Y, FAN W W. Effectiveness Evaluation and Control Measures of the Development of the Agricultural Recycle Economy in Hunan Province [J]. Economic Geography, 2017, 37(4): 182-189.
[22] 卢远, 王娟, 陆赛. 区域农业循环经济能值评价的实证研究[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 482-487.
LU Y, WANG J, LU S. Empirical research on energy evaluation of regional agricultural recycling economy [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2008, 16(2): 482-487.
[23] 那伟, 祝延立, 庞凤仙, 赵新颖, 张永峰. 吉林省农业循环经济发展评价及优化对策研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(2): 209-212.
NA W, ZHU Y L, PANG F X, ZHAO X Y, ZHANG Y F. Evaluation on Development of Agricultural Circular Economy and Optimizing Countermeasure of Jilin Province [J]. Research of Agricultural Modernization, 2011, 32(2): 209-212.
[24] 姚勇. 四川省农业循环经济发展的现状及对策[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(8): 175-179.
YAO Y. Current Situation And Countermeasures of The Development of Agricultural Circular Economy in Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2016, 37(8): 175-179.
[25] 林永钦, 熊雪, 傅春. 鄱阳湖生态经济区农业循环经济发展综合评价[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(12): 1532-1536.
LIN Y Q, XIONG X, FU C. Comprehensive Evaluation on The Development of Agricultural Circular Economy in Poyang Lake Eco-economic Zone [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(12): 1532-1536.
[26] 罗雪峰, 熊伟, 杨灿芳, 解娟, 雷世梅. 重庆三峡库区特色农业循环经济研究——以"猪-沼-橘"生态农业模式为例[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(02): 405-409.
LUO X F, XIONG W, YANG C F, XIE J, LEI S M. Study on the Recycling Economy of Characteristic Agriculture in Three Gorges Reservoir Area of Chongqing: A Case Study of Eco - agriculture Model of "Pig - Marsh - Orange" [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2010, 18(02): 405-409.

[27] 王火根，翟宏毅. 农业循环经济的研究综述与展望[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2016, (04): 59-66.
WANG H G, ZHAI H Y. Review and Prospect of Agricultural Circular Economy Research [J]. Journal of Huazhong Agricultural University(Social Sciences Edition), 2016, (04): 59-66.
[28] 耿晨光，段婧婧，王灿. 长三角平原水网区城郊循环农业圈层模式研究[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(7): 956-962.
GEN C G, DUAN J J, WANG C. An agricultural tri-cyclic mode for Yangtze River Delta plain and water regions [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(7): 956-962
[29] 梁龙，陈源泉，高旺盛. 基于生命周期的循环农业系统评价[J]. 环境科学, 2010, 31(11): 2795-2803.
LIANG L, CHEN Y Q, GAO W C. Integrated Evaluation of Circular Agriculture System: A Life Cycle Perspective [J]. Environmental Science, 2010, 31(11): 2795-2803.
[30] 周海川. 基于能值计算的循环农业发展个例分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(12): 1520-1527.
ZHOU H C. Typical Analysis on The Development of Recycling Agriculture Based on Energy Calculations [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(12): 1520-1527.
[31] 周连第，胡艳霞，王亚芝，雷庆国. 京郊农业生物循环系统生态经济能值评估—以密云尖岩村为例[J]. 生态学报，2012, 32(23): 7346-7354.
ZHOU L D, HU Y X, WANG Y Z, LEI Q G. Energy evaluation of an agro-circulation system in Beijing suburb: take village as a case study [J]. ACTA ECOLOGICA SINICA, 2012, 32(23): 7346-7354.
[32] 李富佳，李宇，李泽红，董锁成, 李善同. 基于 SD 模型的循环农业系统构建及其综合效益评价研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(6): 45-50.
LI F J, LI Y, LI Z H, DONG S C, LI S T. Comprehensive benefit evaluation on the circular agricultural system based on system dynamics [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29(6): 45-50.
[33] 陈诗波. 循环农业产出效益及其影响因素分析—基于结构方程模型与湖北省农户调研实证[J]. 农业技术经济, 2009, (05): 81-90.
CHEN S B. Analysis of the Benefit of Circular Agricultural Output and Its Influencing Factors - Based on the Structural Equation Model and Investigation of Farmers in Hubei Province [J]. Agricultural Technology and Economy, 2009, (05): 81-90.
[34] 陆萍. 循环农业发展：模式、影响因素与效率评价—基于浙江平湖市实践的研究[D]. 杭州：浙江大学, 2016.
LU P. Mode, impact factors, and efficiency evaluation for development of circular agriculture—Based on the practice in Pinghu of Zhejiang Province [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
[35] 章家恩. 农业循环经济[M]. 北京：化学工业出版社, 2010.
ZHANG J E. Agricultural circular economy [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.